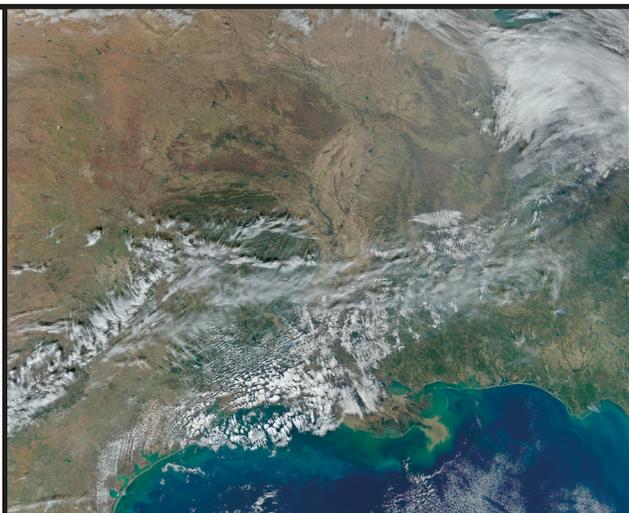


**MILIEUX EXTRÊMES  
et  
CRITIQUES  
face au  
CHANGEMENT  
CLIMATIQUE**

**Climat, territoire,  
environnement**



**Marianne Cohen & Christian Giusti (dir.)**



I Lizard & Voiron – 979-10-231-1813-1

SORBONNE UNIVERSITÉ PRESSES



**MILIEUX EXTRÊMES ET CRITIQUES  
FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

<p><i>Le Sacre de la nature</i> Bertrand Sajaloli &amp; Étienne Grésillon (dir.)</p>	
<p><i>Îles rêvées. Territoires et identités en crise dans le Pacifique insulaire</i> Dominique Guillaud, Christian Huetz de Lempis &amp; Olivier Sevin (dir.)</p>	<p><i>La Rue à Rome. Entre l'émotion et la norme</i> Brice Gruet, Prix Charles Maunoir de la Société de géographie</p>
<p><i>L'Hiver au Siècle d'or hollandais</i> Alexis Metzger</p>	<p><i>L'Asie-Pacifique des crises et des violences</i> Christian Huetz de Lempis &amp; Olivier Sevin (dir.)</p>
<p><i>Les Campagnes en France et en Europe. Outils, techniques et sociétés, du Moyen Âge au XX<sup>e</sup> siècle</i> Jean-René Trochet Prix Antoine Alexandre Bouteau de la Société de géographie</p>	<p><i>Comme un parfum d'îles. Florilège offert à Christian Huetz de Lempis</i> Olivier Sevin (dir.)</p>
	<p><i>Atlas des pays du Golfe</i> Philippe Cadène &amp; Brigitte Dumortier</p>
<p><i>Atlas du Proche-Orient arabe</i> Fabrice Balanche</p>	<p><i>La Privatisation de Chicago. Idéologie de genre et constructions sociales</i> Laurence Gervais</p>
<p><i>Les Forêts de la Grande Guerre. Histoire, mémoire, patrimoine</i> Jean-Paul Amat</p>	<p><i>De l'Empire à la tribu. États, villes, montagnes en Albanie du Nord (VI<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle)</i> Jean-René Trochet</p>

**Marianne Cohen  
& Christian Giusti (dir.)**

**Milieux extrêmes  
et critiques face  
au changement  
climatique**

**Climats, territoires,  
environnement**

**SORBONNE UNIVERSITÉ PRESSES**  
Paris

Ouvrage publié avec le concours de l'Institut de la transition environnementale de Sorbonne Université (SU-ITE) et de la faculté des Lettres de Sorbonne Université

Sorbonne Université Presses est un service général  
de la faculté des Lettres de Sorbonne Université.

© Sorbonne Université Presses, 2021  
PDF complet : 979-10-231-0642-8

Introduction – 979-10-231-1809-4  
I Ronchail *et al.* – 979-10-231-1810-0  
I Quénot – 979-10-231-1811-7  
I Chionne – 979-10-231-1812-4  
I Liziard & Voiron – 979-10-231-1813-1  
II Sultan *et al.* – 979-10-231-1814-8  
II Courault *et al.* – 979-10-231-1815-5  
II Vignal & Andrieu – 979-10-231-1816-2  
III Beuzen-Waller *et al.* – 979-10-231-1817-9  
Conclusion – 979-10-231-1818-6  
Appendice – 979-10-231-1819-3

Mise en page Emmanuel Marc DUBOIS/3D2S, Issigeac/Paris  
d'après le graphisme de Patrick VAN DIEREN

**SUP**

Maison de la Recherche  
Sorbonne Université  
28, rue Serpente  
75006 Paris

tél. : (33)(0)1 53 10 57 60

sup@sorbonne-universite.fr

sup.sorbonne-universite.fr

PREMIÈRE PARTIE

**Milieux critiques  
et changement climatique**



# UTILITÉ D'UN DIAGNOSTIC SYSTÉMIQUE POUR APPRÉHENDER L'ADAPTABILITÉ D'UN SYSTÈME TERRITORIAL : APPLICATION À LA CAMARGUE SOUS LA MENACE DE LA MONTÉE DES EAUX

*Sophie Liziard*

*École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg*

*(ENGEES), GESTE*

*Christine Voiron-Canicio*

*Université Côte d'Azur, CNRS, ESPACE*

105

MILIEUX EXTRÊMES • SUP • 2021

Dans la problématique des interactions entre climat, environnement et territoires, l'adaptation aux changements globaux est une question centrale. En Camargue, la gestion des aménagements hydrauliques est supposée adapter le système aux besoins de la production agricole, de la chasse, de la pêche et de la protection de la nature, tout en veillant au risque d'inondation. L'héritage technique et humain a en effet façonné ce territoire, contraint par le fleuve et la mer, et qui rassemble une multitude d'usages à la fois interdépendants et en concurrence quant à la gestion de l'eau<sup>1</sup>. Le programme de recherche « CAMPLAN – Gestion intégrée d'un hydrosystème : Camargue et Plan du Bourg<sup>2</sup> », mené par l'UMR ESPACE en collaboration avec le bureau d'étude « Ressource » et la Tour du Valat, part du constat dressé par plusieurs gestionnaires d'espaces naturels de ce territoire : face à l'élévation du niveau marin, la gouvernance de l'eau est confrontée à des difficultés croissantes pour évacuer l'excès d'eau dans le delta camarguais et maintenir les différents usages. La question de l'adaptation à ces nouvelles conditions et les incertitudes concernant les changements climatiques à venir placent les gestionnaires de l'hydrosystème dans un contexte décisionnel délicat.

- 1 Alain Dervieux, « La difficile gestion globale de l'eau en Camargue (France) : le Contrat de delta », *Vertigo*, vol. 6, n° 3, décembre 2005, en ligne : <http://vertigo.revues.org/2411>.
- 2 Programme interdisciplinaire de recherche « Eaux et Territoires » (ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie-CNRS-IRSTEA). Pour l'ensemble des résultats, voir Aurélien Allouche, Alain Dervieux, & Laurence Nicolas (dir.), « CAMPLAN : Gestion intégrée d'un hydrosystème : Camargue et Plan du Bourg. Rapport final », appel à propositions de recherche « Eaux et Territoires » du MEDDM, 2012, en ligne : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02113404/document>.

Le programme CAMPLAN s'est donné comme objectif d'approfondir la connaissance du fonctionnement du système camarguais, en analysant ses capacités à se maintenir, à se transformer et à s'adapter aux perturbations. La mise en évidence des éléments qui, dans le fonctionnement du système territorial, sont favorables et défavorables à l'adaptation nous paraît être une approche essentielle pour identifier les leviers et freins sur lesquels peuvent se fonder les stratégies d'adaptation. Après avoir montré les enjeux et difficultés de l'analyse des capacités d'adaptation des territoires, nous présenterons les principes qui ont guidé le développement de notre méthode de diagnostic de l'adaptabilité. Les résultats de l'analyse de l'adaptabilité dans le contexte camarguais ainsi que les perspectives opérationnelles et méthodologiques seront ensuite détaillés.

## POURQUOI ET COMMENT ANALYSER LES CAPACITÉS D'ADAPTATION DES TERRITOIRES ?

Face à la nécessité d'adapter les territoires aux effets du changement climatique, les recherches dans le domaine prennent de plus en plus en considération les facteurs non climatiques ainsi que les politiques d'adaptation. Néanmoins, comme le souligne le cinquième rapport du GIEC, les recherches se sont limitées, pour la plupart, aux impacts, à la vulnérabilité et à la planification de l'adaptation<sup>3</sup>. Rares sont celles qui se sont penchées sur les processus de mise en œuvre ou sur les effets des mesures d'adaptation. Dans cette section, nous montrons que l'analyse des capacités d'adaptation constitue une entrée pertinente dans l'étude des processus d'adaptation.

### Une approche pragmatique de l'adaptation au changement climatique

Face à l'inertie du système climatique, s'adapter est nécessaire afin de réduire les vulnérabilités et favoriser les effets bénéfiques<sup>4</sup>. Cependant, s'adapter au changement climatique est « très loin d'être un concept opérationnel<sup>5</sup> ».

3 GIEC, Christopher B. Field, Vincente R. Barros *et al.* (dir.), *Changements climatiques 2014 : incidences, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Organisation météorologique mondiale, 2014.

4 GIEC, James J. McCarthy, Osvaldo F. Canzianni, Neil A. Leary, David J. Dokken & Kasey S. White (dir.), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, CUP, 2001, en ligne : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII\\_TAR\\_full\\_report-2.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf).

5 Christian de Perthuis, Stéphane Hallegatte et Franck Lecocq, « Économie de l'adaptation au changement climatique », rapport pour le Conseil économique pour le développement durable, Paris, ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 2010.

L'adaptation peut en effet prendre « des formes d'action très variées (protection directe des personnes ou du capital, actions facilitant cette protection, réaction face aux impacts, etc.), dans de très nombreux secteurs (agriculture, eau, énergie, transport, etc.), avec des problématiques très différentes selon les zones et les échelles géographiques [...] et avec des instruments très divers<sup>6</sup> ». L'élaboration de stratégies d'adaptation pertinentes – en adéquation avec les territoires – est une question complexe, qui se heurte à la difficulté d'intégrer les spécificités locales. En conséquence, le débat sur l'adaptation est souvent limité à l'identification des options génériques<sup>7</sup>.

La capacité d'adaptation est la capacité d'un système à modifier son comportement ou ses caractéristiques afin de mieux faire face aux perturbations, qu'elles soient actuelles ou anticipées<sup>8</sup>. L'évaluation des capacités d'adaptation d'un territoire permet ainsi d'identifier des leviers dans le fonctionnement du système permettant de réduire sa vulnérabilité<sup>9</sup>. La capacité d'adaptation détermine en effet comment l'exposition aux risques va pouvoir être modifiée, comment le système va absorber les dommages et se remettre après une crise, ou encore comment les opportunités créées par le changement vont être exploitées. L'intégration du long terme passe par des réajustements en fonction des évolutions et des phénomènes émergents. Un système ne pouvant être adapté une fois pour toutes, ses capacités d'adaptation représentent les bases d'un fonctionnement adaptatif et durable<sup>10</sup>. Dans le domaine de l'écologie, la capacité d'adaptation est définie comme la capacité collective des acteurs humains à gérer la résilience d'un système socioécologique<sup>11</sup>. En tant que capacité d'un système à pouvoir intégrer dans son fonctionnement une perturbation<sup>12</sup>, la résilience est un enjeu crucial en situation de changement et notamment lors de crise. Pour un système territorial, cette résilience ne se limite pas à sa capacité de récupération à la suite d'un choc mais repose sur la possibilité qu'a un territoire à intégrer, dans son fonctionnement, une

6 *Ibid.*

7 Frédéric Gagnon-Lebrun & Shardul Agrawala, *Progress on Adaptation to Climate Change in Developed Countries: An Analysis of Broad Trends*, OCDE, Paris, 2006, <http://www.oecd.org/env/cc/37178873.pdf>.

8 Nick Brooks, *Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework*, Norwich, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper, n° 38, 2003.

9 Neil Adger & Katharine Vincent, « Uncertainty in Adaptive Capacity », *C.R. Geoscience*, vol. 337, n° 4, 2005, p. 399-410.

10 Nathan L. Engle, « Adaptive Capacity and its Assessment », *Global Environmental Change*, vol. 21, n° 2, 2011, p. 647-656.

11 Brian Walker, C.S. Holling, Stephen R. Carpenter & Ann Kinzig, « Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems », *Ecology and Society*, vol. 9, n° 2, 2004, en ligne : <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>.

12 Crawford S. Holling, « Engineering Resilience versus Ecological Resilience », dans Peter Schulze (dir.), *Engineering Within Ecological Constraints*, Washington D.C., National Academy Press, 1996, p. 31-44.

perturbation, en adaptant sa structure au changement. Cette perturbation peut agir sur le temps long, comme le changement climatique, ou sur le temps court, comme une inondation. Elle peut être prévisible ou totalement imprévisible.

En examinant les conditions et possibilités de mise en place de mesures d'adaptation, la capacité d'adaptation apparaît comme plus opérationnelle que le concept « d'adaptation ». Son étude permet notamment de se défaire de la relation au risque, fortement incertain dans le domaine du changement climatique, pour se concentrer sur les propriétés inhérentes au système ou à la société qui sont favorables ou défavorables à la mise en place d'adaptations. Selon Nathan L. Engle, « d'importantes leçons peuvent être tirées à partir d'expériences passées d'adaptations anticipatives, en particulier dans l'identification des mécanismes sociaux qui pourraient faciliter, et non entraver, les adaptations réactives et proactives (par exemple, ces mécanismes qui renforcent la capacité d'adaptation)<sup>13</sup> ». Ainsi est-il nécessaire d'identifier les éléments constitutifs de la capacité d'adaptation, d'autant plus que la capacité d'adaptation n'est pas également répartie mais qu'elle varie selon les contextes et les systèmes<sup>14</sup>. L'identification des capacités d'adaptation et de leurs rôles est une entrée à l'étude des processus d'adaptation en examinant les ressources de toutes natures qui pourront être vectrices d'adaptation. L'évaluation des capacités d'adaptation n'est cependant pas une chose aisée.

108

#### Limites de la capacité d'adaptation

La réalisation de l'adaptation est empreinte d'incertitudes, ce qui contribue à rendre l'évaluation des capacités d'adaptation plus pragmatique. Néanmoins, il en résulte également qu'une grande capacité d'adaptation ne se traduira pas forcément par des adaptations. Par exemple, malgré une forte capacité d'adaptation à la chaleur grâce à des solutions relativement bon marché, les habitants des zones urbaines de certaines parties du monde, y compris dans les villes européennes, connaissent des niveaux de mortalité élevés lors des vagues de chaleur<sup>15</sup>. En outre, la capacité d'adaptation peut être sous-jacente et temporellement latente. Il est en effet possible que la capacité d'adaptation émerge seulement lors de l'exposition du système aux stimuli climatiques réels ou attendus.

13 « [...] *there are important lessons that can be applied from previous experiences in considering anticipatory adaptations, especially in identifying the social mechanisms that might better facilitate, not inhibit, reactive and proactive adaptations (i.e., those mechanisms that increase adaptive capacity)* » (Nathan L. Engle, « Adaptive Capacity and its Assessment », art. cit., p. 648, traduction personnelle).

14 Neil Adger & Katharine Vincent, « Uncertainty in Adaptive Capacity », art. cit.

15 *Ibid.*

L'aptitude des individus et des communautés à répondre au changement climatique repose sur un certain nombre de capacités (capital humain, information et technologie, ressources matérielles et infrastructures, organisation et capital social, politique, santé et financier, institutions et droits)<sup>16</sup>. D'après Carl Folke, Johan Colding et Fikret Berkes, « examiner comment les gens répondent aux périodes de changement, comment les sociétés se réorganisent après le changement, est l'aspect le plus négligé et le moins compris dans la gestion conventionnelle des ressources et en science<sup>17</sup> ». Les recherches actuelles accordent davantage d'attention au fonctionnement des institutions et aux comportements des acteurs. Le rôle essentiel que les institutions, la gouvernance et la gestion jouent dans la capacité d'un système à s'adapter aux changements climatiques s'est ainsi affirmé de façon grandissante<sup>18</sup>. Malgré une meilleure prise en considération de ces aspects, la non-prédictibilité des comportements humains ainsi que les interactions complexes à différentes échelles ou entre systèmes font qu'une part de ces incertitudes demeure incompressible.

Ces caractéristiques, incertitude et complexité, contribuent à rendre impossible une prévision déterministe de l'adaptabilité d'un système et obligent une prise en compte de cette imprécision dans l'évaluation de la capacité d'un système à s'adapter. Elles ne remettent néanmoins pas en cause l'intérêt d'étudier les facteurs favorisant l'adaptation et ses obstacles, afin de définir les potentialités du système et les leviers d'action. La capacité d'adaptation constitue en effet « un élément critique du processus d'adaptation : elle est le vecteur des ressources qui constituent les atouts de base aux actions d'adaptation<sup>19</sup> ».

#### Défis de l'étude des capacités d'adaptation des territoires

Si l'étude de la capacité d'adaptation permet de mettre de côté l'incertitude et la complexité relatives à la projection des impacts des changements climatiques dans le futur, pour se concentrer sur l'existant et les évolutions passées, elle ne peut s'exempter d'une analyse des interrelations entre les composants du système afin de mettre en évidence leur rôle combiné en termes d'adaptation.

16 Fatima Denton & Thomas J. Wilbank (dir.), « Climate-resilient Pathways: Adaptation, Mitigation, and Sustainable Development », dans Christopher B. Field, Vincente R. Barros *et al.* (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Cambridge, CUP, p. 1101-1131.

17 « Addressing how people respond to periods of change, how society reorganizes following change, is the most neglected and the least understood aspect in conventional resource management and science. » (Carl Folke, Johan Colding & Fikret Berkes, « Introduction: Building Resilience for Adaptive Capacity in Social-Ecological Systems », dans Fikret Berkes, Johan Colding & Carl Folke [dir.], *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge, CUP, 2002, p. 18, traduction personnelle.)

18 Nathan L. Engle, « Adaptive Capacity and its Assessment », art. cit.

19 Neil Adger & Katharine Vincent, « Uncertainty in Adaptive Capacity », art. cit., p. 399.

Les interrelations entre les facteurs d'adaptation ne sont généralement pas prises en compte alors que la capacité d'adaptation est générée par les interactions entre facteurs, qui varient selon les contextes<sup>20</sup>. Par exemple, la manière dont les technologies influencent l'adaptabilité diffère selon leurs interactions avec les processus politiques, sociaux et économiques, ou encore selon le type de technologie disponible ou réalisable. Il s'agit alors de dépasser les approches déterministes de l'évaluation des capacités d'adaptation, où sont agrégés divers indicateurs socioéconomiques, pour une approche plus contextuelle et exploratoire, abordant les territoires sous l'angle de la complexité<sup>21</sup>. L'enjeu est d'arriver à identifier les processus qui concourent à l'adaptabilité d'un territoire, celle-ci ne correspondant pas à un état issu de la somme de diverses composantes mais à un fonctionnement résultant des interactions entre ces composantes. Pour Siri H. Eriksen et P. Mick Kelly, « précisément en raison de cette complexité, il est d'autant plus important d'établir un cadre conceptuel afin que les hypothèses sur les processus constitutifs de la vulnérabilité [et de l'adaptabilité], sous-jacents à la sélection des indicateurs, puissent être contrôlées<sup>22</sup> ». Dans les recherches évaluant la capacité d'adaptation ou la vulnérabilité sociale, les indicateurs sont choisis *a priori* et leur relation avec l'adaptabilité du système n'est pas ou peu analysée par la suite. Ainsi, le choix des indicateurs n'est pas justifié sur un plan théorique. La définition des cadres conceptuels sous-jacents constitue ainsi un enjeu de l'étude des capacités d'adaptation, en ce qu'il permettrait d'explicitier les hypothèses soutenant le choix des indicateurs et de rendre possible une validation.

Toujours dans cette perspective systémique et transversale, la prise en compte de l'organisation spatiale paraît indispensable pour une analyse des capacités d'adaptation intégrant les contextes territoriaux. Elle constitue une entrée complémentaire à l'analyse des organisations socio-institutionnelles. La répartition dans l'espace des hommes, des activités, des infrastructures ou encore des milieux naturels induit des interactions, des fonctionnements et des évolutions particulières. L'organisation spatiale contribue ainsi à l'adaptabilité

20 Barry Smit & Johanna Wandel, « Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability », *Global Environmental Change*, vol. 16, n° 3, 2006, p. 282-292.

21 Sophie Lizard, *Littoralisation de la façade nord-méditerranéenne. Analyse spatiale et prospective dans le contexte du changement climatique*, thèse sous la dir. de Christine Voiron-Canicio, université de Nice-Sophia-Antipolis, 2013, en ligne : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00950074/document>.

22 « Precisely because of the complexity, it is all the more important to outline a conceptual framework so that assumptions about how processes shape vulnerability [and adaptability] underlying indicator selection can be assessed » (Siri H. Eriksen & P. Mick Kelly, « Developing Credible Vulnerability Indicators for Climate Adaptation Policy Assessment », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 12, n° 4, p. 495-524, 2007, traduction personnelle).

des territoires, de la même manière que l'organisation d'un système contribue à définir ses possibilités d'adaptation<sup>23</sup>. Nous employons le terme d'adaptabilité, car c'est un potentiel mis à disposition des acteurs, eux-mêmes dotés d'une capacité d'adaptation leur permettant de se saisir de ce potentiel.

#### MISE EN ŒUVRE DE LA DÉMARCHE DE DIAGNOSTIC TERRITORIAL SYSTÉMIQUE DE L'ADAPTABILITÉ

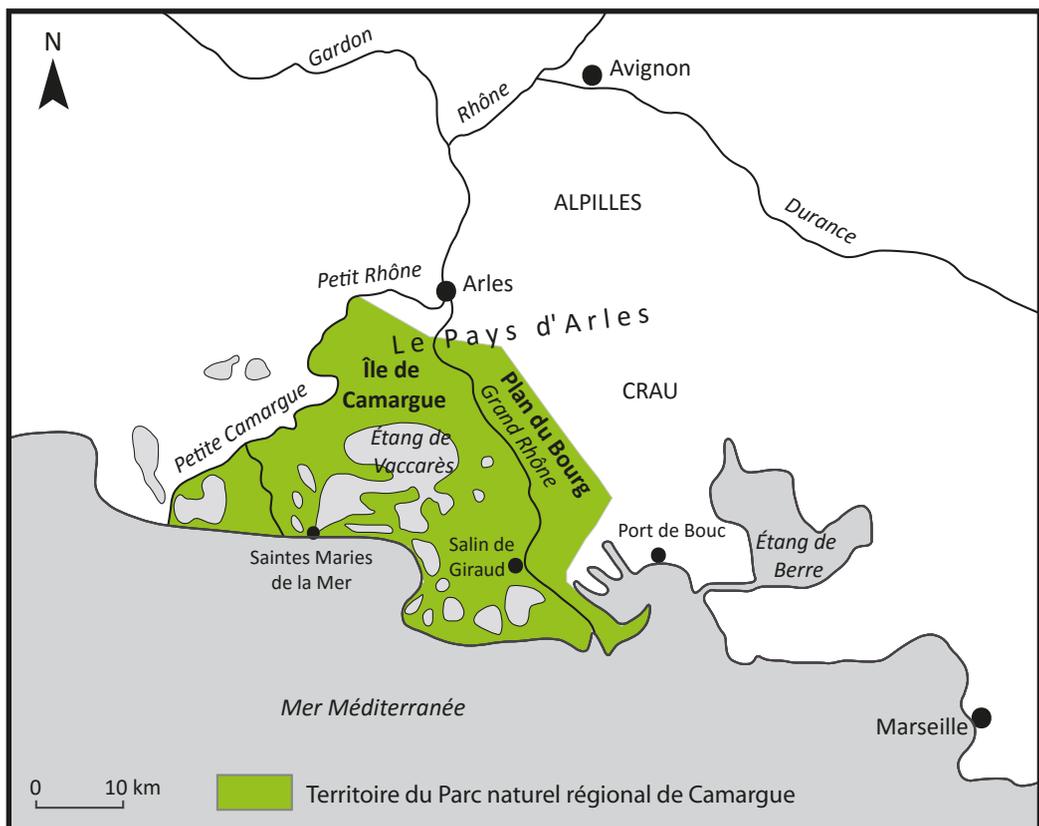
Le diagnostic systémique de l'adaptabilité est développé dans le cadre du programme interdisciplinaire « CAMPLAN – Gestion intégrée d'un hydrosystème : Camargue et Plan du Bourg »<sup>24</sup>. Ce programme a fourni l'opportunité d'une collaboration pluridisciplinaire sur un territoire où l'élévation du niveau marin fait d'ores et déjà de l'adaptabilité un enjeu central pour son devenir.

#### UN DIAGNOSTIC TERRITORIAL DE L'ADAPTABILITÉ DÉVELOPPÉ DANS LE CONTEXTE CAMARGUAIS

L'île de Camargue et le Plan du Bourg constituent le territoire du parc naturel régional de Camargue et la majeure partie du delta du Rhône, sur une superficie d'environ 100 000 ha (fig. 1). Le nord du delta est caractérisé par les terres agricoles, le centre par l'étang du Vaccarès, et le sud présente des marais et des plans d'eau salés. L'artificialisation du delta s'est fortement accrue depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle avec les progrès techniques et la volonté de soumettre cet espace pour les activités humaines. Les eaux sont drainées vers l'étang du Vaccarès, qui est séparé de la mer par la digue à la mer. De nombreux aménagements organisent la présence et la circulation de l'eau : poldérisation des terres, canaux, vannes, pompes, endiguement du Rhône, digue à la mer, enrochements, etc. Les activités en interrelation avec l'eau sont nombreuses et très variées : agriculture (blé, riz, etc.), élevage (manades), marais salants, préservation de la nature, chasse, pêche, coupe du roseau, tourisme, etc. Leurs besoins en eau sont cependant divers, voire contradictoires, en matière de quantité, de salinité, de saisonnalité. Par exemple, les besoins de la riziculture déterminent la période de distribution de l'eau dans le réseau, qui correspond à une entrée d'eau au printemps et en été. Ce régime hydrologique va à l'inverse du régime naturel du delta et impacte d'autres activités comme la chasse et la conservation des espèces. Cette interdépendance par l'eau rend parfois difficile la conciliation des activités.

23 Alain Taché, *Principes d'une sociologie d'intervention complexe. La médiation*, Paris, L'Harmattan, 2005.

24 Aurélien Allouche, Alain Dervieux & Laurence Nicolas (dir.), « CAMPLAN : Gestion intégrée d'un hydrosystème : Camargue et Plan du Bourg. Rapport final », art. cit.



### 1. Situation générale du terrain d'étude

La gestion des entrées et sorties d'eau est d'autant plus complexe que les contraintes liées au niveau de la mer rendent de plus en plus difficiles les échanges entre la mer et les étangs, régulés à l'aide des vannes au niveau des pertuis. Une élévation du niveau de la mer, concomitante à la subsidence du delta du Rhône, est observée depuis un siècle. L'élévation est en moyenne de 2,2 mm par an<sup>25</sup>. Le niveau marin élevé limite de plus en plus les possibilités de sortie d'eau vers la mer en temps ordinaire, et de façon encore plus critique en situation d'ala climatique : on se souvient par exemple des précipitations exceptionnelles de novembre 2011, ou encore des inondations par des brèches dans les digues du fleuve Rhône en 1993 et 1994<sup>26</sup>. Le niveau marin élevé est en effet à l'origine de surcotes provoquant une difficulté croissante à évacuer correctement les eaux agricoles ou de ressuyage, qui impacte les activités et multiplie les risques

<sup>25</sup> Cédric Brunel & François Sabatier, « Potential Sea-level Rise Influences in Controlling Shoreline Position for French Mediterranean Coast », *Geomorphology*, vol. 107, n° 1-2, 2009, p. 79-89, en ligne.

<sup>26</sup> Aurélien Allouche, Alain Dervieux & Laurence Nicolas (dir.), « CAMPLAN : Gestion intégrée d'un hydrosystème : Camargue et Plan du Bourg. Rapport final », art. cit.

d'inondations. Ainsi, l'eau ne peut être sortie qu'une soixantaine de jours par an, ce qui vient enrayer le mode de gestion jusqu'alors suivi et impose de reconsidérer la gestion hydrologique du système camarguais.

Dans ce contexte, l'objectif du programme CAMPLAN est d'aider les gestionnaires à mieux comprendre le fonctionnement global du système afin de tenter de leur apporter une aide pour l'élaboration des stratégies de gestion, en approfondissant les connaissances sur le fonctionnement du système camarguais et ses capacités d'adaptation<sup>27</sup>. Le programme CAMPLAN est un programme pluridisciplinaire en sept volets rassemblant des chercheurs en histoire, écologie, hydrologie, sociologie, anthropologie et géographie (tableau 1). Il est animé par une forte volonté de transversalité, qui s'est traduite par des ateliers chercheurs-gestionnaires et par un volet systémique chargé de mettre en relation les connaissances produites par l'ensemble de l'équipe. C'est dans ce dernier volet que s'inscrit l'analyse de l'adaptabilité du territoire camarguais.

Tableau 1. Organisation des travaux de recherche du programme CAMPLAN

Volet 0	Volet transversal sur la notion de crise à partir des ateliers chercheurs-gestionnaires (A. Allouche, L. Nicolas, UMR ESPACE/RESSOURCE)
Volet 1	Crises, adaptations, héritages (P. Allard, université de la Méditerranée, UMR ESPACE)
Volet 2	Crises hydrauliques et conditions limites dans l'île de Camargue et le Plan du Bourg. Limites des hydrosystèmes et/ou limites de la gouvernance? (A. Dervieux, UMR ESPACE)
Volet 3	Formalisation des contraintes du fonctionnement hydraulique et hydrosalin de surface des hydrosystèmes du Delta du Rhône (P. Chauvelon, Tour du Valat)
Volet 4	Recherches sur les géosystèmes du delta Rhodanien (J. Morschel, UMR ESPACE)
Volet 5	Intégration des connaissances et des flux d'informations et prise de décision (A. Allouche, UMR ESPACE/RESSOURCE)
Volet 6	Pratiques, perceptions et représentations du système (L. Nicolas, UMR ESPACE DESMID/RESSOURCE)
Volet 7	Volet transversal: approche systémique (C. Voiron-Canicio, S. Lizard, UMR ESPACE)

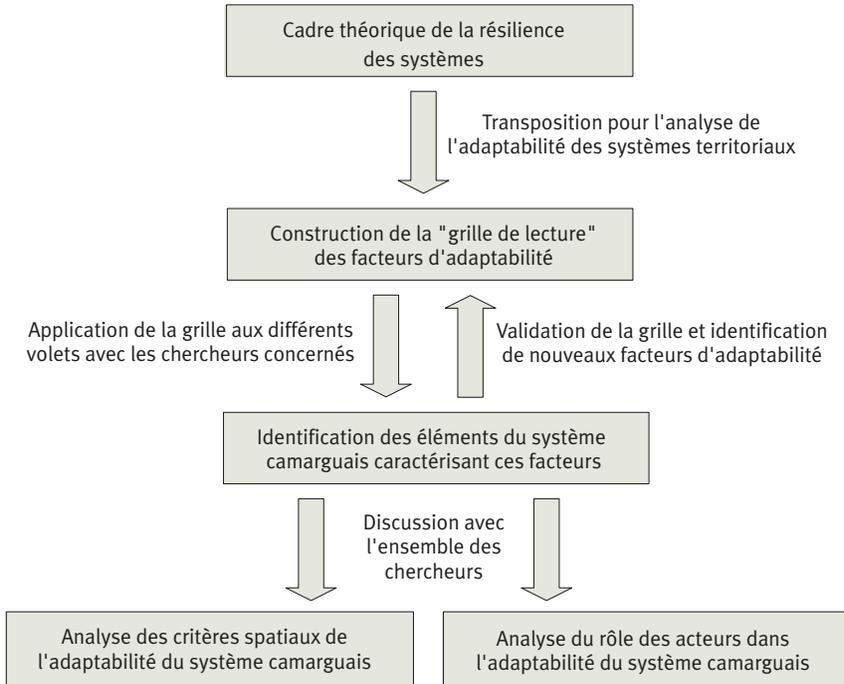
### Une démarche conduite en interaction avec les chercheurs du programme CAMPLAN

L'identification des enjeux de l'adaptabilité du système camarguais a demandé la mise en place d'une démarche en plusieurs étapes, avec l'objectif de rassembler et croiser les recherches des différents volets (fig. 2). À partir du cadre théorique de la résilience des systèmes<sup>28</sup>, nous avons construit une grille de lecture de l'adaptabilité. Cette grille se fonde sur les hypothèses relatives aux facteurs de

27 Aurélien Allouche, Alain Dervieux, Sophie Lizard, Laurence Nicolas & Christine Voiron-Canicio, « La capacité d'adaptation: clé d'entrée dans le système complexe de la gestion imbriquée eau-territoire. L'île de Camargue et le Plan du Bourg dans le delta du Rhône », dans Lydie Goeldner-Gianella, Olivier Barreteau, Agathe Euzen & Paul Arnould (dir.), *Concilier la gestion de l'eau et des territoires*, Paris, Johannet, 2016.

28 Crawford S. Holling, « Resilience and Stability of Ecological Systems », *Annual Review of Ecology and Systematics*, n° 4, 1973, p. 1-23.

résilience des systèmes spatiaux formulés par Christina Aschan-Leygonie<sup>29</sup>, transposées pour l'analyse de l'adaptabilité des systèmes territoriaux. Cette grille de lecture, répertoriant un ensemble de facteurs jouant sur l'adaptabilité, permet d'analyser les travaux des différents volets avec les chercheurs concernés.



## 2. Démarche d'analyse de l'adaptabilité du système camarguais

Les différentes catégories de la grille de lecture sont :

- la perception des acteurs (discours sur le fonctionnement du système, les incertitudes et les risques) ;
- le rôle des acteurs dans l'adaptabilité (comportements, diffusion de l'information, vitesse de réaction et de réponse des acteurs, complémentarité des réponses : résistance, abandon, adaptation) ;
- l'apprentissage par le passé (mémoires individuelles et collectives, anticipation) ;
- la nature de la dynamique du système (stabilité, instabilité de la trajectoire) ;
- la diversification du système (spécialisations, uniformité, polyvalence) ;
- les interactions entre entités spatiales (complexité, cohésion et rigidification, relations d'échange) ;

<sup>29</sup> Christina Aschan-Leygonie, « Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux », *L'Espace géographique*, vol. 29, n° 1, 2000, p. 64-78.

- l'existence de sous-systèmes (noyaux structurants, nœuds, relations noyaux-marges);
- l'organisation spatiale actuelle et héritée (inerties, contraintes et libertés).

De nombreux éléments du système camarguais agissant en faveur ou défaveur des facteurs d'adaptabilité ont été identifiés à partir d'échanges avec les chercheurs du programme CAMPLAN. Ces échanges ont pris différentes formes : réunions de travail pour l'avancement du programme de recherche, puis grille sous forme de tableur à remplir par chaque chercheur, et enfin réunions de synthèse. Les chercheurs ont été interrogés sur l'existence d'autres facteurs intervenant dans l'adaptabilité et de questions entrant « en résonance » avec cette problématique, afin de faire émerger de nouveaux éléments. De la confrontation des éléments identifiés naît la nécessité d'affiner le contenu de certains facteurs, qui font l'objet de recherches complémentaires, et d'approfondir la connaissance de certaines interactions. De nouveaux facteurs d'adaptabilité ont émergé de ces analyses et sont venus compléter la grille de lecture, concernant le rôle des acteurs dans l'adaptabilité :

- la diffusion de l'information (qualité, dispersion, canaux);
- l'assimilation et l'appropriation de l'information (réutilisation par les différents acteurs);
- la gestion concertée (participation des différents acteurs, partage de la prise de décision);
- les idées nouvelles (possibilité d'émergence);
- le comportement novateur des acteurs (comportements pionniers, réactionnaires);
- la connaissance du système (compréhension du fonctionnement des composantes et de leurs relations);
- l'intégration et l'acceptation des risques naturels et anthropiques (acceptation, maîtrise, laisser-faire);
- les mémoires individuelles et collectives (expérience passée et sa mobilisation présente);
- les savoirs et pratiques vernaculaires (existence d'une connaissance empirique et de traditions dans les modes de gestion);
- l'expérience d'évènements passés (discours sur l'évolution du système);
- la mobilisation de différentes formes de savoirs (vernaculaire, scientifique);
- les modalités des échanges (lieux d'échange, conditions, acteurs présents).

Nous avons choisi de séparer l'analyse des facteurs spatiaux dans l'adaptabilité du système d'une part de l'analyse des facteurs relatifs au rôle des acteurs pour lesquels les échanges ont ainsi été particulièrement riches d'autre part (fig. 2).

Une analyse systémique a permis de formaliser la complexité des interrelations entre les facteurs d'adaptabilité relatifs aux acteurs et les éléments qui les caractérisent au sein du système camarguais, et ainsi d'étudier les propriétés de cette organisation.

#### **ANALYSE DES FACTEURS SPATIAUX DE L'ADAPTABILITÉ DU SYSTÈME CAMARGUAIS**

116 Nous proposons ici une lecture transversale des éléments identifiés lors des sessions d'échanges avec les membres de CAMPLAN à partir des facteurs spatiaux identifiés dans la grille d'adaptabilité. Les facteurs spatiaux de l'adaptabilité du système camarguais correspondent aux caractéristiques du système spatial qui, par leur structure et le fonctionnement qu'ils induisent, vont jouer de différentes manières sur son adaptabilité. L'analyse des facteurs spatiaux a été réalisée en trois parties : d'une part, les dynamiques du système, qui caractérisent sa trajectoire (stabilité/instabilité) et contribuent ainsi à définir sa réactivité face à une perturbation ; d'autre part, les héritages spatiaux et la diversification du système, qui peuvent être des freins pour l'adaptation ou au contraire la faciliter ; et enfin les sous-systèmes spatiaux et les interactions spatiales, qui traduisent l'organisation du système et ses échanges et définissent ainsi ses capacités de régulation ou encore sa cohésion lors d'une perturbation.

##### **Nature des dynamiques du système**

La trajectoire du système camarguais est caractérisée par la présence de multiples dynamiques relatives à l'évolution du delta, à la variabilité du niveau d'eau ou encore aux activités présentes et à leurs occupations du sol. La question de la stabilité et de l'instabilité de ces dynamiques est relative aux échelles temporelles envisagées. Un delta est un système instable du point de vue géomorphologique sur le long terme, fonction de l'évolution des forçages (fleuve, mer). L'endiguement tel qu'il a été réalisé en Camargue a cependant créé l'illusion d'une stabilité, en permettant une relative maîtrise de la gestion hydraulique. Les aménagements ont permis d'inverser l'hydrologie du delta, par son remplissage au printemps et en été, et un assèchement des rizières et des salins en hiver. Cette artificialisation du système hydraulique non seulement va à l'encontre de l'instabilité des dynamiques naturelles de long terme du delta camarguais et de ses capacités de réactivité et d'adaptation mais a paradoxalement contribué à son instabilité à plus court terme : les aménagements hydrauliques créés pour stabiliser le système au niveau de l'accès à la ressource en eau entraînent des changements qui n'étaient pas prévus. Les modifications d'humidité, de salinité, de qualité et de niveau d'eau dans un espace perturbent les activités

et l'environnement proches. Avec des conditions de forçage d'instabilité croissante, il n'est pas toujours possible d'évacuer l'eau lorsqu'on le souhaite, ce qui aboutit à la mise en place de stratégies d'anticipation (en vidant l'eau dès que cela est possible afin de réduire le risque d'inondation) qui peuvent contraindre certains usages. Le mauvais ressuyage des terres impacte la production de blé et conduit les agriculteurs à accroître la production de riz à la saison venue afin de compenser ces pertes. En conséquence, les volumes d'eau rejetés dans le Vaccarès augmentent, ce qui conduit à une rétroaction négative sur la production de blé. Les tensions croissantes qui affectent le système pourraient en outre amener à des mutations plus profondes, compromettant la maîtrise, même relative, de ses variations. Ces tensions sont liées à l'augmentation du niveau marin, aux difficultés de ressuyage du Vaccarès vers la mer, à la rupture de défenses contre la mer, ou encore à l'érosion de la digue à la mer.

#### Héritages spatiaux et diversification du système

Le système de digues et le réseau hydraulique, aménagés à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, sont un héritage lourd par les contraintes qu'ils impliquent. Le coût de l'entretien des digues contribue à la remise en cause de cet héritage. La situation des Saintes-Maries-de-la-Mer constitue également un héritage fortement contraignant aujourd'hui. L'implantation géographique de la ville – bloquée entre le Vaccarès, pouvant déborder en cas de crue du Rhône, et la mer qui ne cesse d'éroder le littoral – est déterminante dans les positions prises par ses élus. La protection de leur territoire, des biens et des personnes sur cet espace à risque pèse considérablement sur la gestion de l'eau à l'échelle du parc naturel de Camargue, parfois en l'enrayant. Les stratégies de retrait de l'urbanisation vers l'intérieur des littoraux sont socialement difficiles à envisager et à accepter<sup>30</sup>, même après une catastrophe, comme l'a montré la tempête *Xynthia*, en 2010.

Le système camarguais apparaît comme diversifié tant du point de vue des activités humaines que des milieux naturels. Au niveau agricole, l'alternance des cultures en riz et en blé permet aux agriculteurs de s'adapter à la fois à des problèmes internes (salinité, enherbement) et à des facteurs externes (prix du marché, conditions des subventions issues de la politique agricole commune). Cette flexibilité favorise l'adaptabilité de la céréaliculture camarguaise, mais sa dépendance aux marchés extérieurs et aux réformes de la PAC rend difficile une évaluation de son devenir. Les possibilités de diversification agricole sont limitées, surtout dans les parties les plus basses du delta, à cause de la salinité

30 Hélène Rey-Valette & Bénédicte Rulleau, « Gouvernance des politiques de relocalisation face au risque de montée du niveau de la mer », *Développement durable et territoires*, vol. 7, n° 1, avril 2016, <http://developpementdurable.revues.org>.

des sols et du confinement hydraulique. À long terme, une déprise de la culture céréalière pourrait néanmoins favoriser une augmentation de l'élevage extensif et l'écotourisme peut encore croître. La reconversion des anciens salins témoigne d'évolutions en cours.

La diversité du système camarguais permet une certaine souplesse face aux perturbations, mais le maintien des différents usages pose problème du fait de leur concurrence en matière de la gestion de l'eau. Les rejets d'effluents rizi­coles posent par exemple des problèmes de pollution et d'eutrophisation dans le Vaccarès. Ce maintien des différents usages est toutefois le principe retenu dans la gouvernance locale, ce qui en fait un point sensible pour la gestion du territoire.

#### Existence de sous-systèmes spatiaux et interactions spatiales

118

Les deux entités spatiales de notre terrain d'étude, le Plan du Bourg et l'île de Camargue, interagissent peu entre elles. L'étang du Vaccarès est néanmoins un noyau structurant pour l'île de Camargue puisque c'est en fonction de la position relative au Vaccarès que s'organisent les échanges et les activités des espaces alentours, avec les bassins poldérisés et non poldérisés, ou encore entre l'amont et l'aval, qui forment des sous-systèmes spatiaux. C'est d'ailleurs aux marges du Vaccarès que l'on peut trouver une logique spatiale de changement d'occupation du sol, avec des mutations d'espaces agricoles à naturels. Les exutoires des canaux de drainage sont de véritables nœuds en matière d'échanges hydrauliques, tandis que l'espace est structuré par de fortes connexions amont-aval. Finalement, le système spatial est à la fois complexe et cohérent, mais il est extrêmement cloisonné. Ce cloisonnement se matérialise au travers du réseau de digues et de canaux qui marquent l'emprise de l'homme et viennent limiter les échanges entre des milieux hydrologiquement dépendants. En matière d'adaptabilité de l'ensemble du système, la gestion de l'eau ne peut donc se résumer à une action localisée sur des vannes d'un pertuis à la mer mais nécessite la prise en compte de l'amont et de l'aval, afin que les diverses problématiques (risque, biodiversité, élévation du niveau de la mer, etc.) soient intégrées. En outre, le delta de la Camargue constitue un ensemble particulièrement complexe de différents territoires qui apparaissent comme fortement segmentés du point de vue de leur gestion et des couches administratives qui le composent.

Cette analyse montre que le fonctionnement et l'organisation spatiale du territoire, issus de son artificialisation, contraignent fortement l'adaptabilité par des héritages lourds, un cloisonnement du système et une stabilité illusoire. Les ferments d'adaptabilité sont relatifs aux propriétés du delta, milieu dynamique et diversifié, et aux activités humaines, qui elles-mêmes reposent sur des propriétés de flexibilité face aux variations hydrologiques.

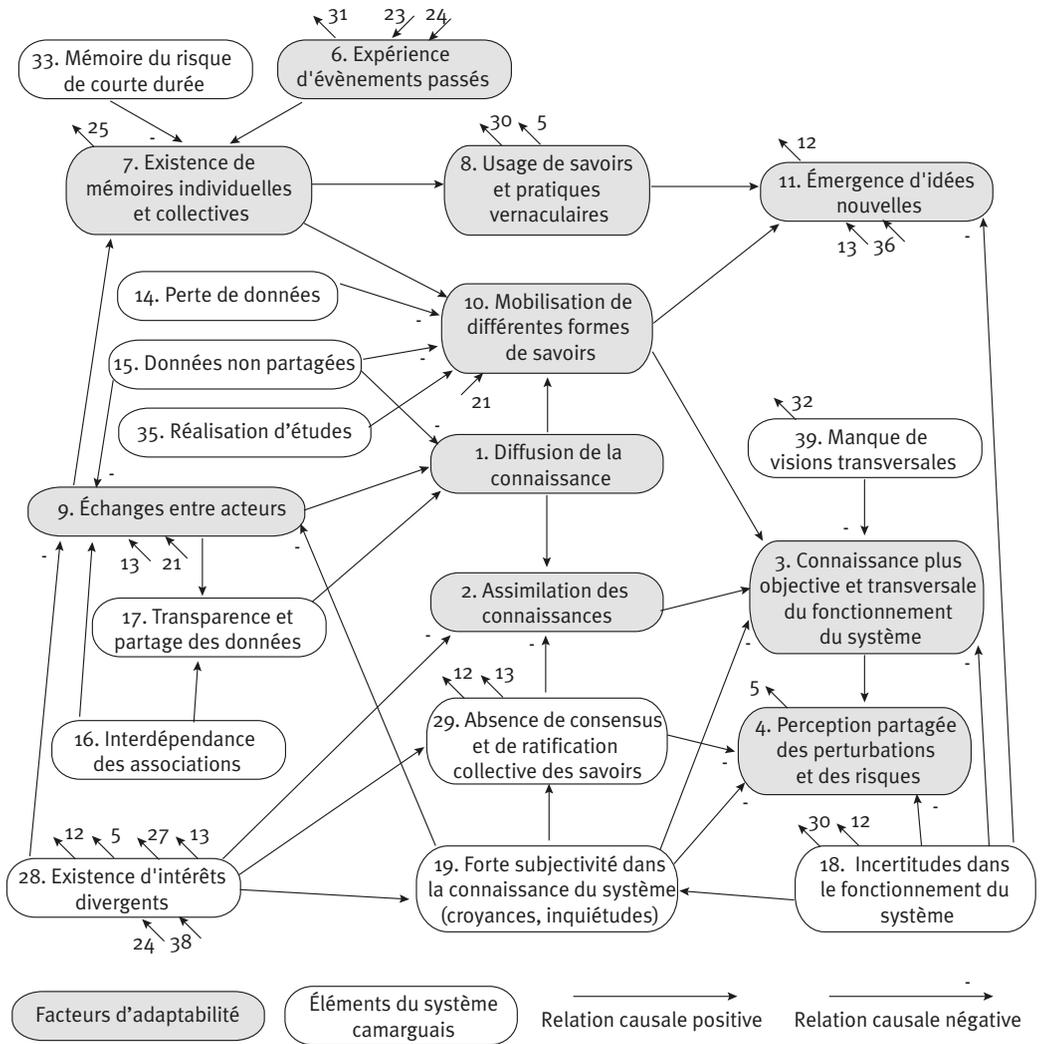
Les facteurs relatifs aux acteurs sont analysés, ainsi que leurs relations, à travers une approche systémique où sont identifiés et positionnés les éléments du système camarguais qui y exercent leur influence. Le diagramme causal permet de révéler l'organisation des facteurs d'adaptabilité – c'est-à-dire leur chaînage en vue de l'adaptabilité – et de caractériser leur portée. Sa finalité est d'identifier les points de blocage et les éléments favorables à l'adaptabilité du système.

#### Élaboration du diagramme causal

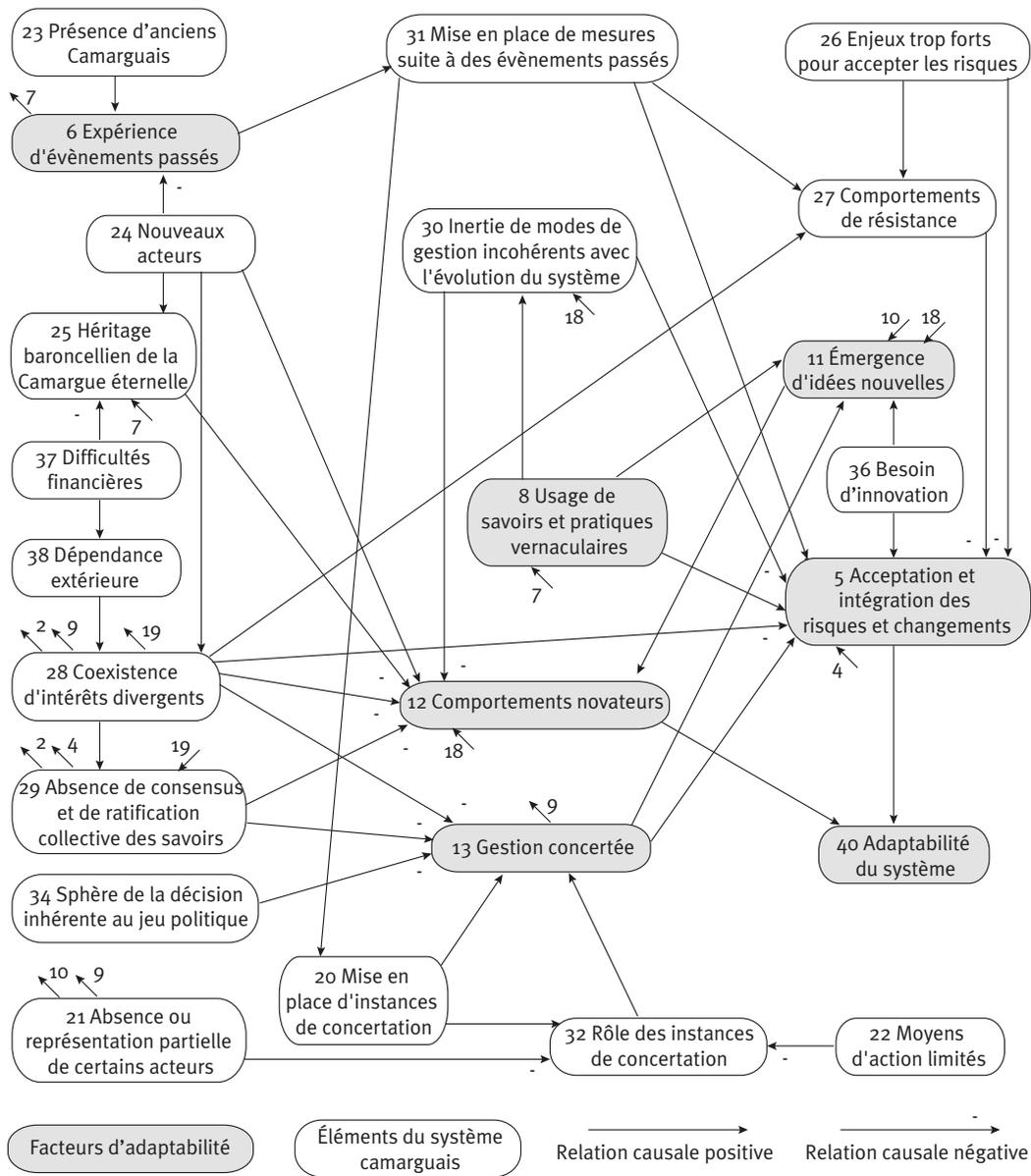
À partir de l'application de la grille de lecture, les éléments du système camarguais jouant sur les facteurs d'adaptabilité et leurs relations sont identifiés. Le diagramme causal permet de rassembler et d'organiser les composantes de l'adaptabilité, qu'il s'agisse des facteurs d'adaptabilité ou des éléments du système camarguais venant alimenter ou limiter leur rôle. Le diagramme causal est construit à l'aide du logiciel *Decision Explorer 3.1.1*, développé par Banxia Software. Cet outil facilite l'analyse de systèmes créés par des concepts et des liens unissant ces concepts en se fondant sur leur topographie, c'est-à-dire sur la structure formée par les relations entre concepts. Afin de faciliter la lecture du diagramme causal, sa représentation est ici divisée en deux parties. Les relations entre une composante de la partie 1 (fig. 3) et une composante de la partie 2 (fig. 4) sont représentées par des têtes et queues de flèches assorties du numéro correspondant à l'élément relié. Deux types de composantes ont été créés : les facteurs d'adaptabilité et les éléments du système camarguais venant les caractériser. Les relations entre les composantes, de nature causale, peuvent être positives ou négatives.

Par exemple, la diffusion de l'information (1) est favorisée par le partage de données au niveau de la Camargue (17), néanmoins des manquements existent dans le secteur du Plan du Bourg, notamment concernant la gestion des vannes du barrage antisel (46). Les **échanges entre acteurs** (9), et notamment l'interdépendance des associations (16), favorisent une meilleure transparence (17) et la circulation des informations (1). Cette diffusion de l'information favorise la mobilisation de différentes formes de savoirs (10). Celle-ci résulte également de la réalisation d'études scientifiques et techniques (35) par différentes instances en présence (parc naturel régional, Syndicat mixte d'aménagement des digues du Rhône et de la mer, etc.). Cependant, des données ont été perdues dans le passé, lors d'inondations (14).

Ce diagramme fait l'objet d'une analyse en deux temps : l'organisation des facteurs d'adaptabilité sera étudiée dans une première étape, puis on se penchera sur les points de blocages et les leviers d'action, en mettant en relation cette structure des facteurs d'adaptabilité avec les éléments du système camarguais qui les caractérisent.



3. Diagramme causal des relations entre facteurs d'adaptabilité et éléments du système camarguais (partie 1)



4. Diagramme causal des relations entre facteurs d'adaptabilité et éléments du système camarguais (partie 2)

L'organisation des facteurs d'adaptabilité est déduite du diagramme causal. La **figure 5**, où seuls les facteurs d'adaptabilité sont représentés, révèle cette organisation grâce à la fonction « Collapse » du logiciel *Decision Explorer*. Cette fonction permet de synthétiser les relations entre des composantes en tenant compte des éléments et des relations qui ne sont plus explicitement représentés. Les relations directes et indirectes entre facteurs d'adaptabilité sont ainsi représentées de manière synthétique.

122

Cette représentation du système laisse clairement apparaître deux axes en direction de l'adaptabilité. L'axe de gauche montre comment les savoirs vernaculaires (8), constitués à partir des mémoires individuelles et collectives (7) des événements passés (6), font émerger des idées novatrices (11) et des comportements nouveaux (12), favorisant l'adaptabilité du système (40). Toutefois, l'inertie de l'usage de pratiques vernaculaires (8) et les représentations liées aux mémoires individuelles et collectives (7) peuvent limiter les comportements novateurs (12). L'axe de droite montre comment l'assimilation des connaissances par les acteurs (2), à partir de leurs échanges (9) et de la diffusion des connaissances (1), conduit à une connaissance plus objective et transversale du système (3). L'existence d'une telle connaissance permet une perception partagée des perturbations et des risques (4), qui contribue à leur acceptation et à leur intégration par les acteurs (5) et ainsi à une gestion du système prenant en compte ses évolutions et favorisant son adaptabilité (40).

Des relations existent entre ces deux axes. Ainsi, les échanges entre acteurs (9) permettent l'existence de mémoires collectives (7). L'acceptation et l'intégration des perturbations et des risques (4) favorisent l'émergence d'idées nouvelles (11). Les pratiques vernaculaires (8) et l'expérience d'événements passés (6) peuvent jouer négativement sur l'intégration des perturbations et des risques (4) du fait de l'inertie des usages et de la mise en place de comportements de résistance. Deux éléments centraux mettent également en relation ces deux axes. La mobilisation de différentes formes de savoirs (10), issue de l'existence de mémoires individuelles et collectives (7) et de la diffusion des connaissances (1), favorise l'apparition d'idées nouvelles (11) et une connaissance large du fonctionnement du système (3). D'autre part, la gestion concertée (13), favorisée par l'expérience d'événements passés (6), permet l'apparition d'idées nouvelles (11) mais aussi l'acceptation et l'intégration des risques et des changements (5).

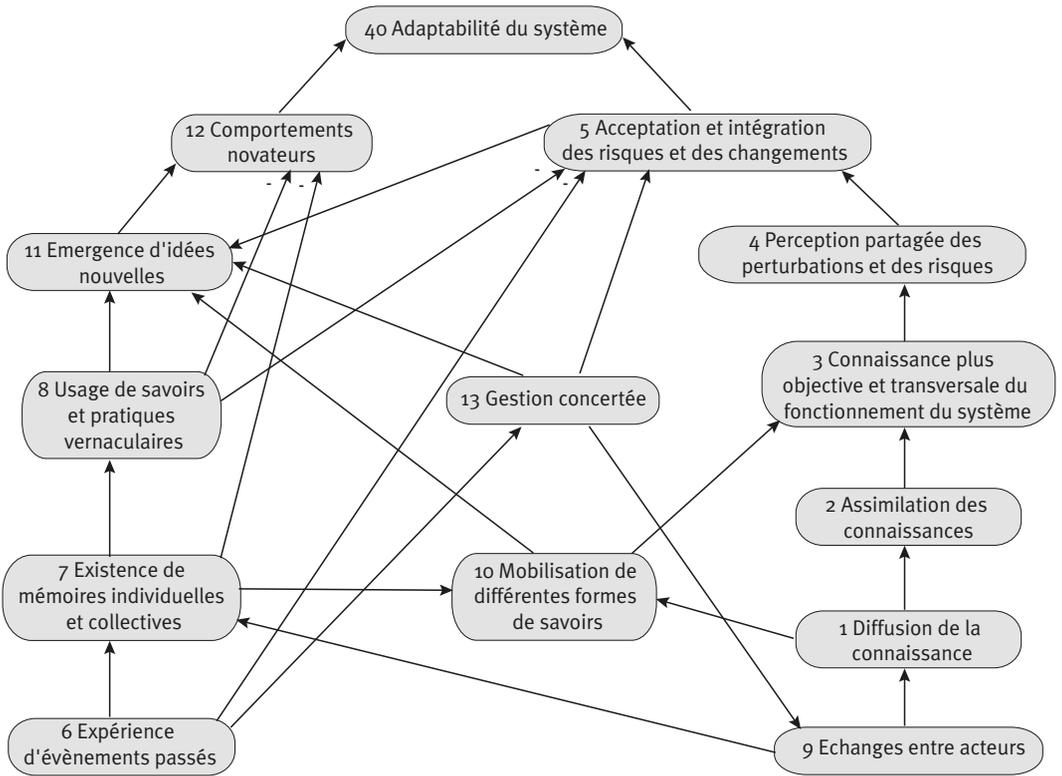
### Identification des points de blocage et des combinaisons favorables à l'adaptabilité du système

La figure précédente permet de voir les positions relatives et la hiérarchisation des éléments, l'existence de voies alternatives, de facteurs multiples et l'effet ambivalent de certaines composantes de l'adaptabilité. Deux éléments sont

en position déterminante pour l'adaptabilité (40) puisqu'en lien direct : il s'agit des comportements novateurs (12) et de l'acceptation des risques et des changements (5). Néanmoins, leur mise en place est complexe comme en témoignent les facteurs situés en amont et leurs relations. La dernière étape de cette analyse consiste à identifier les points de blocage et les combinaisons favorables à l'adaptabilité du système camarguais, à partir de l'organisation des facteurs d'adaptabilité (fig. 5) et des éléments qui viennent respectivement les contraindre ou les favoriser (fig. 3 & 4). Le commentaire suivant reprend de manière synthétique les éléments apparus lors des discussions entre chercheurs.

De nombreux éléments jouent de façon positive sur les composantes situées en amont du premier axe, même si quelques éléments viennent les contraindre. En effet, l'expérience d'événements passés (6) est assurée par les Camarguais présents depuis plusieurs décennies et originaires de cette région (23). L'arrivée de nouveaux acteurs (24) est réelle mais ne remet pas en cause cette connaissance du fonctionnement du système acquise par la pratique du terrain et la confrontation à des aléas passés. Cette expérience (6) nourrit l'existence de mémoires individuelles et, par les échanges entre acteurs (9), de mémoires collectives (7). La mémoire des risques est cependant de courte durée (33), ce qui peut limiter la prise en compte des crises passées dans le comportement des acteurs. Ces mémoires individuelles et collectives (7) se traduisent par un usage important de nombreux savoirs et pratiques vernaculaires (8), qui sont souvent une référence pour les acteurs du territoire camarguais.

Les conditions d'émergence d'idées nouvelles (11) sont favorisées par la mobilisation de différentes formes de savoirs (10), les pratiques et savoirs vernaculaires (8), le besoin d'innovation (36) et la gestion concertée (13). La mobilisation de différents types de savoirs (10) est rendue possible par leurs existences (7 et 35) et par leur diffusion (1) allant généralement dans le sens d'une meilleure transparence. Les faiblesses dans la mobilisation de différents savoirs semblent relever du passé et être progressivement améliorées, comme le non-partage de données (15) et l'absence de certains acteurs lors de la concertation (21) avec la mise en place d'instances de concertation. Même si la mise en place d'instances de concertation (20) joue en faveur de la gestion concertée, celle-ci n'apparaît pas encore comme véritablement effective, du fait d'un rôle limité de ces instances (32), de leurs moyens d'action parfois restreints (34 et 22), de l'absence de certains acteurs (21), de la présence d'intérêts fortement divergents (28) et de l'absence de ratification collective des savoirs (13). Les idées nouvelles sont aussi contraintes par les incertitudes caractérisant le fonctionnement du système (18), qui limitent également l'adoption de comportements novateurs (12). Ces incertitudes représentent



5. Diagramme causal de l'organisation des facteurs d'adaptabilité

un point crucial dans le rôle des acteurs dans l'adaptabilité du système car elles sont un frein à l'action.

Si les comportements novateurs (12) sont favorisés par les idées (11) et les acteurs (24) nouveaux, ils sont également entravés par ces incertitudes (18) et l'absence de ratification collective des savoirs (29). D'autres éléments du système camarguais viennent limiter les comportements novateurs (12) comme la coexistence d'intérêts divergents (28), l'inertie de modes de gestion incohérents avec l'évolution du système (30) et les représentations idéalisées de la nature sauvage en Camargue (25). Finalement, alors que les premiers facteurs constituant cet axe sont plutôt favorablement appuyés par les éléments du système camarguais, les idées nouvelles (11) et surtout leur traduction dans des comportements novateurs (12) sont plutôt limitées (à part pour les nouveaux acteurs: tourisme vert, agritourisme, agriculture biologique, etc.). Le rôle des incertitudes semble déterminant à cet égard par leurs répercussions sur la perception du futur et la prise de décision.

De nombreux éléments du système camarguais contribuent à rendre le second axe peu efficient, et ceci dès ses premières composantes. Les échanges entre acteurs (9) sont favorisés par les relations entre les différentes associations (16) et par la concertation (13). Cependant, ils sont contraints par les limites actuelles de la concertation (21 et 15), les intérêts divergents des acteurs (28), les opinions et les croyances diverses (19) qui aboutissent à des incompréhensions entre les acteurs. La diffusion des connaissances (1) qui résulte de ces échanges (9) semble par conséquent variable (15), avec néanmoins une progression dans le partage de données (7). L'assimilation de ces connaissances (2) est fragmentaire car elle souffre de l'absence de ratification collective des savoirs (29) et se fait, par conséquent, au regard des intérêts des acteurs (28). La connaissance complexe du fonctionnement du système (3), encouragée par la mobilisation de différentes formes de savoirs (10), n'est cependant pas disponible du fait du manque de visions transversales (39), des incertitudes (18) et de la forte subjectivité qui en résulte (19). Ces deux derniers éléments, avec l'absence de ratification collective des savoirs (29), ne permettent également pas l'émergence d'une perception partagée des perturbations et des risques (4). Les deux conséquences des incertitudes dans le fonctionnement du système (18), à savoir l'absence de ratification collective des savoirs (29) et la subjectivité résultante dans la connaissance du système (19), sont des éléments cruciaux de blocage dans l'adaptabilité du système camarguais. Les incertitudes dans la connaissance du système et de son évolution rendent difficile une négociation entre les intérêts divergents, liés aux différentes activités en présence et de leurs usages et besoins spécifiques en eau, et constituent ainsi un frein à une gestion concertée (13).

Certaines perturbations sont acceptées et intégrées (5) dans le cadre de pratiques vernaculaires (8) et de mesures mises en place suite à des événements passés (31). Cependant, l'inertie de certains modes de gestion incohérents avec l'évolution du système montre que les risques et les changements ne sont pas généralement pas intégrés (5). Les comportements de résistance (27), comme le renforcement des digues, non soutenables à long terme, montrent qu'ils ne sont pris en compte qu'à court terme. L'existence d'intérêts divergents (28) et d'enjeux trop forts pour intégrer les risques (26) contraint en outre fortement leur acceptation (5).

#### PERSPECTIVES POUR LA CAMARGUE ET POUR L'ANALYSE DE L'ADAPTABILITÉ DES TERRITOIRES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La nécessité de nouveaux principes d'action face aux marges de progression réduites de la gestion collective

126

Jusqu'alors l'adaptabilité du système correspondait au maintien des différents usages par une gestion plus ou moins concertée des vannes des pertuis à la mer. Cependant, face à l'augmentation du niveau marin et à celle du rejet des effluents rizicoles, le système est sous pression croissante et atteint une situation critique. L'objectif de protection des biens et des personnes face aux risques d'inondation ne peut en effet être satisfait qu'à condition que les évacuations soient optimisées, ce qui n'est plus le cas. Si les difficultés d'évacuation continuent à croître, l'activité de pêche sur le Vaccarès est compromise à moyen terme. La réserve nationale de Camargue a quant à elle besoin d'une variabilité, en matière de salinité et niveau d'eau, qui n'est pas possible en l'état.

Il semble que l'on soit arrivé au bout de ce qu'il est tendanciellement possible de faire en matière d'adaptation du système actuel (c'est-à-dire avec les aménagements et le mode de gestion actuels) face à la limitation croissante de l'exutoire. La solution visant à accroître les capacités d'évacuations à la mer en multipliant les pertuis ou en les élargissant pourrait avoir des conséquences néfastes, liées à une possible augmentation de la salinisation des étangs. Agir sur les pratiques agricoles pour réduire les rejets apparaît quelque peu contraire à la finalité agroproductiviste du système. Même si elles ne seront peut-être pas suffisantes à elles seules pour résoudre le problème du niveau d'eau du Vaccarès, les innovations agronomiques ont ainsi un rôle important à jouer dans l'adaptation de l'activité agricole. Différentes techniques (semis à sec) et pratiques (canards dans les rizières pour lutter contre l'enherbement) sont envisagées ou à l'essai, éventuellement avec des partenaires de la sphère scientifique (UMR Innovation de Montpellier). Une autre solution consisterait

à achever la poldérisation de la Camargue et à rejeter toute l'eau de drainage dans le Rhône, mais outre les coûts de l'opération, se pose la question du transfert de polluants ainsi que d'une sursalure des étangs. L'aménagement du système par de nouveaux équipements au niveau de la digue à la mer tels que des pompes – comme cela a pu être envisagé par le passé – est limité par son coût d'installation et de fonctionnement qui pourrait venir remettre en cause la rentabilité de la production agricole. En outre, cette logique d'équipement croissant, avec par exemple la surélévation des digues dans le but d'éviter les inondations, ne peut être maintenue indéfiniment et ne constitue pas une solution à long terme.

Les différentes options pour maintenir le fonctionnement actuel impactent donc respectivement diverses activités. Il paraît en conséquence nécessaire de franchir une nouvelle étape dans la gestion du système. C'est aux acteurs de débattre de l'orientation qu'ils souhaitent donner à la Camargue et de définir les principes d'action qui leur permettront d'adapter leur territoire, dans la gestion des usages ou dans le fonctionnement du système. Cependant, les incertitudes sur les évolutions à venir et les différentes représentations de la Camargue issues de cette multiplicité d'acteurs contraignent l'élaboration d'un projet de territoire débattu collectivement. Ce dernier point paraît cependant indispensable, dans la mesure où il est difficile d'adapter un territoire lorsque son orientation ne fait pas l'unanimité. Sur ce point, l'objectif de protection des milieux naturels est considéré comme allant de soi alors que la pertinence d'une naturalité au service des usages est revendiquée par certains chercheurs<sup>31</sup>. Face à la pluralité des acteurs, le défi consiste en outre à intégrer leurs différentes visions de la Camargue, plutôt que d'imposer une norme qui conduirait à rigidifier le système. L'adaptabilité du système camarguais se situe d'ailleurs en grande partie au niveau individuel, les évolutions se faisant de plus en plus à une échelle fine et résultant de choix individuels d'acteurs. Il ne faudrait donc pas enrayer cette variabilité au niveau micro, qui constitue un potentiel d'adaptation important, même si elle est difficile à appréhender.

Si les marges de progression sont importantes au niveau du Plan du Bourg en matière d'amélioration de la gestion sociale, en Camargue les possibilités de faire reposer l'adaptation sur une amélioration de la gestion collective sont désormais faibles. Les procédures de décision collective et de gestion ont déjà fait l'objet d'un apprentissage conséquent et n'offrent plus que des marges de progression

31 Raphaël Mathevet, *Camargue incertaine*, Paris, Buchet/Chastel, coll. « Écologie », 2004 ; Aurélien Allouche, Alain Dervieux et Laurence Nicolas, « Discordances et concordances de l'eau agricole dans le delta du Rhône », communication au colloque « Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en Méditerranée : quels enjeux pour quels services ? », Marseille, université de Provence, janvier 2011.

réduites. Si l'on s'en tient au principe d'action que représente la gestion des vannes, le rôle de la concertation des acteurs sur l'adaptabilité est cependant désormais limité, du fait de l'impossibilité de trouver une solution qui puisse satisfaire les différents usages. Face aux évolutions en cours, l'adaptabilité est en effet contrainte si l'on cherche à maintenir le système camarguais dans son état passé ou actuel. Les conditions d'adaptabilité nécessitent alors l'adoption de nouveaux principes d'action : pratiques nouvelles, abandon de certains usages, gestion différente, etc. Les acteurs publics posent l'objectif de conciliation des usages et ne semblent pas opter pour l'abandon d'activités agricoles, notamment la riziculture. Une diversification des principes d'action s'observe actuellement. Elle se traduit par des pratiques culturelles innovantes, par des projets de reconnexion hydraulique et par la diminution des entrées d'eau d'origine agricole et des intrants. En outre, confrontés à la hausse du niveau de la mer, les acteurs publics semblent se saisir dans le même temps de l'opportunité qui leur est procurée par la mutation en cours des anciens salins, qui ont été acquis par le Conservatoire du littoral. Cette mutation foncière fournit en effet l'opportunité d'envisager un changement de paradigme dans le mode de gestion : une renaturation offrant plusieurs perspectives de dépassement du système actuel. Si une telle option était choisie, la situation de crise dans la gestion hydraulique du delta aurait abouti à une nouvelle relation entre eau et territoire.

#### **Une démarche de diagnostic de l'adaptabilité des territoires à la fois flexible et reproductible**

La prévision des évolutions d'un système complexe étant particulièrement délicate, voire impossible<sup>32</sup>, l'évaluation de l'adaptabilité est forcément empreinte d'incertitudes. Néanmoins, dans une optique prospective, l'identification des facteurs favorisant l'adaptation et ses obstacles permet de définir les potentialités du système et des leviers d'action. La grille de lecture qui a été mise en place permet une analyse transversale du fonctionnement du système à travers des facteurs d'adaptabilité définis de façon itérative ; en outre, son application permet d'analyser la pertinence et le rôle de chacun des facteurs au sein du système étudié sur l'adaptabilité – contrairement aux approches où les facteurs sont définis *a priori*. En cela, cette approche se conforme à l'objectif initial de dépasser une conception déterministe de la capacité d'adaptation, pour une appréhension holistique et contextuelle de la question, sous un angle néanmoins pragmatique et opérationnel. Elle nous a permis de restituer l'ambivalence du rôle des facteurs d'adaptabilité : un même

<sup>32</sup> Christina Aschan-Leygonie, « Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux », art. cit.

facteur peut jouer de manière favorable et défavorable sur l'adaptabilité du système selon les contextes. Par exemple, la cohésion du système favorise son adaptabilité mais se traduit par une rigidification si elle est trop importante. De même, l'instabilité des dynamiques du système témoigne d'une réactivité au changement mais le manque de stabilité peut se traduire par une sensibilité aux petites perturbations. L'analyse par la grille de lecture constitue une démarche reproductible et flexible, puisque de nouveaux facteurs peuvent y être introduits. Les apports de cette démarche sont donc doubles : (1) au niveau générique du fonctionnement des systèmes territoriaux sous l'angle de l'adaptabilité (identification des facteurs d'adaptabilité, par exemple la diffusion de l'information) ; (2) au niveau du cas d'étude (comment s'expriment ces facteurs sur le terrain, par exemple : qui diffuse l'information ? qui la reçoit et qui ne la reçoit pas ?). Ce deuxième aspect permet d'identifier les enjeux du système en vue d'une gestion favorisant l'adaptabilité du système, qui devrait s'appuyer sur les forces et faiblesses existantes.

Cette position, à mi-chemin entre approche générique de l'adaptabilité et approche contextualisée, pose des bases de comparaison entre différents territoires, tout en prenant en compte le rôle différencié des facteurs selon les territoires. Notre démarche est en effet proche de celle présentée au niveau théorique par le rapport « La Méditerranée au futur », qui montre l'intérêt de coupler les deux visions, générique et contextualisée, et de déterminer quelles sont les barrières qui, dans les composantes territoriales, se freinent l'adaptation, et sur quels leviers appuyer les politiques et les actions<sup>33</sup>. Elle en diffère par le fait que nous ne nous fondons pas sur l'utilisation d'indicateurs quantitatifs. L'approche adoptée est qualitative et permet ainsi d'intégrer une multiplicité de connaissances de différentes natures parfois complexes (des tendances contradictoires, des rétroactions, des connaissances floues, expertes ou vernaculaires, etc.). La formalisation prend place au niveau de la conception du diagramme causal, qui permet de structurer la connaissance et d'analyser les interrelations entre facteurs d'adaptabilité afin de mettre en évidence les éléments et mécanismes qui les renforcent et ceux qui les contrarient. En matière de perspectives, nous pensons qu'un approfondissement des connaissances relatives aux facteurs spatiaux de l'adaptabilité du système camarguais pourrait également aboutir à la mise en place d'une analyse par diagramme causal. Il permettrait également de mieux les intégrer à l'analyse des facteurs relatifs aux

33 Alexandre Magnan, Benjamin Garnaud, Raphaël Billé, François Gemenne & Stéphane Hallegatte, « La Méditerranée au futur. Des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation », rapport de synthèse de l'IDDRI en collaboration avec le CIREN, 2009, en ligne : <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/report/la-mediterranee-au-futur-des-impacts-du-changement-climatique-aux>.

acteurs. Il serait par ailleurs intéressant d'appliquer la même démarche à d'autres territoires afin de voir s'il en ressortirait la même organisation des facteurs d'adaptabilité que celle émergeant à partir de l'analyse du diagramme causal. Enfin, on pourrait envisager la simulation par l'emploi de l'analyse d'impacts croisés<sup>34</sup>. Cette méthode constitue en effet une extension de l'utilisation des potentialités des diagrammes sagittaux<sup>35</sup>. Pour chaque lien de cause à effet est attribuée une valeur qui représente la force de la relation et qui peut être définie par les acteurs. Ces impacts directs font ensuite l'objet d'une analyse croisée pour divers scénarios, dont l'effet sur les variables d'intérêt peut être évalué. L'effet de différentes mesures d'adaptation sur l'adaptabilité du système pourrait ainsi être testé.

130

Face à la complexité des processus d'adaptation, l'analyse des capacités d'adaptation des territoires permet d'appréhender la problématique de l'adaptation de manière pragmatique, par la recherche des conditions et possibilités de mise en place de l'adaptation. L'analyse de la capacité d'adaptation d'un territoire n'est cependant pas sans difficulté : la capacité d'adaptation correspond à un potentiel sous-jacent, multiforme et multifactoriel, résultant de la combinaison de différents éléments du territoire et de leur convergence vers des mécanismes d'adaptation. La nature particulière de la capacité d'adaptation apporte de nouvelles limites et de nouveaux défis, parmi lesquels figure la nécessité d'une approche exploratoire, systémique et transversale.

Le programme interdisciplinaire CAMPLAN a fourni l'opportunité de développer une telle approche pour le territoire camarguais, en s'appuyant sur les travaux et les sessions d'échanges menés par et avec les membres de l'équipe. L'orientation des discussions et des recherches des différents chercheurs a ainsi pu favoriser certains axes d'analyse de l'adaptabilité du système, en l'occurrence la partie acteurs et gouvernance. Il demeure néanmoins qu'elles fournissent une information dense et pluridisciplinaire sur le fonctionnement du système et permettent une entrée concrète dans la problématique complexe de l'adaptabilité à travers le croisement de connaissances. La démarche développée et son application au système camarguais montrent ainsi qu'une analyse géographique, intégrant l'espace et la complexité des territoires, peut contribuer à identifier les facteurs favorables et les freins à

34 Theodore Jay Gordon & H. Hayward, « Initial Experiments with the Cross-impact Method of Forecasting », *Futures*, vol. 1, n° 2, 1968, p. 100-116.

35 Matteo Caglioni & Giovanni Rabino, « Qualitative Methods in Geography and Planning », dans François Bavaud & Christophe Mager (dir.), *Handbook of Theoretical and Quantitative Geography*, Lausanne, UNIL-FGSE, 2009, p. 403-429.

l'adaptation, tant au niveau des facteurs spatiaux que des facteurs relatifs aux acteurs. En Camargue, un méta-changement est nécessaire pour favoriser les capacités d'adaptation d'un système actuellement considéré comme étant en crise. Ce méta-changement correspond au renoncement d'une logique de protection totale à travers la maîtrise technique, celle-ci allant à l'encontre d'une logique adaptative intégrant mieux le fonctionnement deltaïque naturel. Cette idée émerge progressivement dans de nouvelles pratiques et de nouveaux principes d'action dans le delta camarguais.

Le territoire camarguais est caractérisé par de nombreuses interrelations entre hydro-système et anthropo-système. Cette complexité locale se double d'incertitudes face à divers facteurs de changements climatiques et économiques, dont les impacts sur le système camarguais sont méconnus. L'élévation du niveau de la mer engendre une situation critique où les sorties d'eau du delta du Rhône vers la mer sont rendues impossibles une très grande partie de l'année. La gestion des échanges en eau, réalisée par des vannes au niveau de la digue à la mer, est ainsi compromise. La situation est susceptible non seulement de se dégrader davantage avec la poursuite de l'élévation du niveau de la mer, mais aussi d'impacter fortement les activités et de provoquer d'importantes inondations, par le Rhône ou par submersion marine.

132

Le programme de recherche « CAMPLAN – Gestion intégrée d'un hydro-système : Camargue et Plan-du-Bourg », mené par l'UMR ESPACE en collaboration avec le bureau d'étude Ressource et la Tour du Valat, part du constat dressé par plusieurs gestionnaires d'espaces naturels de ce territoire : la gouvernance de l'eau est dans l'incapacité croissante à maintenir les capacités d'adaptation du système hydraulique face aux changements globaux, et tout spécialement face à l'élévation du niveau marin. Notre contribution à ce programme de recherche s'est attachée, dans un volet systémique final, à mettre en relation les connaissances produites par les chercheurs de l'équipe pour identifier les éléments qui, dans le fonctionnement du système territorial, sont favorables et défavorables à l'adaptation. La complexité et l'ampleur des connaissances rassemblées a nécessité la mise en place d'une approche systémique. Une analyse de la structure des relations constitutives du système camarguais a permis d'identifier deux voies d'adaptation, et au sein de celles-ci ont été analysés les points de blocage et les éléments favorables à l'adaptabilité du territoire camarguais.

The approach has been developed within the CAMPLAN research program on integrated management of the Camargue and Plan-du-Bourg hydro-system. Its purpose is to provide a better understanding of the Camargue system to find out how to engage more strongly a sustainable water management of the territory and how to evacuate the excess water inside the delta in a context of sea level rise. The various activities in the Camargue delta (agriculture, farming, fishing, hunting, tourism, species protection, etc.) have different water needs in terms of quantity, seasonality and salinity. The aim of this contribution to the CAMPLAN research program was to identify the elements in the functioning of the territorial system that are favourable and unfavourable to its adaptation. Whereas adaptive capacities are often limited to a predetermined list of criteria characterising populations, economic resources and governance, our approach extends the analysis of adaptive capacity of populations to the adaptability of territories, including systemic interactions and the spatial dimension. This analysis identifies the levers and brakes, in terms of spatial arrangement but also of stakeholders and governance, in order to enhance the adaptability and potentially the resilience of the Camargue system.

The first step consisted in defining a list of generic adaptability factors, from the theoretical framework of the resilience of systems. This grid is based on the hypotheses relative to the factors for resilience of spatial systems made by C. Ashan-Leygonie in 2000. For instance, the perception of the actors refers to their speech on the functioning of the system, the uncertainties and risks. The grid is applied to the various streams of this multidisciplinary research program. Each researcher identifies the elements of the Camargue system that characterise the generic adaptability factors and their role on adaptability (positive, negative or ambivalent). The list of adaptability factors has been completed with them during the analysis. Some of the factors are related to the actors and to the governance (experience of past events, exchanges between stakeholders, acceptance of risks and changes, innovative behaviors, cooperative management, etc.) and some other factors are related to the spatial system (spatial interactions and subsystems, past and current spatial arrangements, nature of the dynamics, etc.). This approach develops knowledge on adaptability, avoiding a deterministic vision of its factors, for instance by describing the ambivalence of some adaptability factors, their specific role or absence of role in the context of the Camargue delta.

Then, the links between the generic adaptability factors and the components of the Camargue system that characterise them were structured in a causal diagram. The links between components are positive or negative causal relationships. For example, the use of different forms of knowledge is favoured by the studies conducted by some organisations, but also restrained by the loss of data due to flood events and the non-sharing of information in some instances.

This diagram is implemented in a software (Decision Explorer – Banxia) which can analyse the structure of systems and their properties. Thus, from the entire causal diagram, the structure of adaptability factors has been revealed by summarising the indirect relationships induced by the components of the Camargue system. This chaining factors towards adaptability is highlighted by the software that can summarise relationships between the components of a type, while taking into account other components and associated links which no longer appear in the diagram. The interest of this method, which can be applied to other areas, is to highlight the “paths” between components that lead to the adaptability of the system. In the Camargue system, the summarised diagram shows an organisation of adaptability factors in two paths leading to the system adaptability. One path connects components related to memories, practices and representations of actors, with the emergence of innovative ideas and new practices. The second path links the knowledge about the functioning of the system, the acceptance and integration of risks and evolutions.

134

Combining the full causal diagram of the first step and the summarised diagram of the second step, this method also allows to identify the adaptability factors that are favoured in the Camargue system and the elements that are currently disfavoured. To synthesise, the results show that the components of the first path are favourably supported in the Camargue system, but uncertainties restrain the emergence of new ideas and innovative behaviours. Indeed, in an uncertain environment, people tend to carry on the management system, even though this one is obsolete. The second path is restrained by the actors’ divergent interests and subjective knowledge of the system. In the last decade, the water management has been based on the development of consultation committees, to promote exchanges and a better knowledge of the system by the stakeholders. However, due to the continuous sea level rise, the collective management of floodgates is no longer a sufficient solution. New principles of action and resources must be developed to favour the adaptability of the system. Ratifying the knowledge about the functioning of the Camargue could help to reduce subjectivity. Innovative ideas and behaviours, emerging especially from new actors related to activities such as ecotourism, agritourism, or organic farming, should be supported. Whereas the management was

previously based on the control of water exchanges between the delta and the sea, some “renaturalisation” projects appear, as the conversion of salt marshes in a natural area.

In conclusion, this approach reveals where the resources and obstacles to adaptation are, and make it possible to identify their causes. It identifies levers for action, on which adaptation policies could be based. The research prospects lies in improving the integration of the various aspects of the adaptability of territories (as taking into account both spatial arrangements and actors, and their interactions) and to involve decision holders more directly in the analyses to better respond to their needs.



## TABLE DES MATIÈRES

Milieux extrêmes et critiques face au changement climatique. Climats, Territoires, Environnement Marianne Cohen & Christian Giusti .....	9
Encadré. Climat : étymologie, signification locale et questions autour d'un mot.....	14

### PREMIÈRE PARTIE

#### MILIEUX CRITIQUES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Hydrologie et production agricole dans le nord-ouest de l'Amazonie Josyane Ronchail, Tatiana Schor, Jhan Carlo Espinoza, Manon Sabot, Heitor Pinheiro, Percy Gomez, Guillaume Drapeau, Véronique Michot, Naziano Filizola, Jean-Loup Guyot, Benjamin Sultan, Jean-Michel Martinez.....	27
Changement climatique et viticulture Hervé Quénel .....	57
Perception des aléas côtiers. Le cas de la société insulaire oléronaise (France) David Chionne.....	79
Utilité d'un diagnostic systémique pour appréhender l'adaptabilité d'un système territorial : application à la Camargue sous la menace de la montée des eaux Sophie Lizard & Christine Voiron-Canicio .....	105

### DEUXIÈME PARTIE

#### MILIEUX EXTRÊMES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Changements climatiques et agriculture : impacts et adaptation en Afrique de l'Ouest Benjamin Sultan, Richard Lalou, Laurent Kergoat, Bénédicte Gastineau & Théo Vischel ...	139
Impacts de la variabilité climatique sur la démographie des rennes en Laponie suédoise : de l'intérêt du calendrier pastoral Romain Courault, Marianne Cohen, Sonia Saïd & Josyane Ronchail .....	155

Modélisation de l'impact du changement climatique sur trois aires de distribution végétales dans le Mercantour Matthieu Vignal & Julien Andrieu.....	195
---	-----

TROISIÈME PARTIE  
LONGUE DURÉE QUATERNAIRE

Occupations humaines et dynamiques environnementales du Paléolithique à l'âge du bronze, secteur d'Adam, sultanat d'Oman. Conséquences régionales de la variation du signal hydroclimatique sur le long terme Tara Beuzen-Waller, Guillaume Gernez, Jessica Giraud, Stéphane Desruelles, Anaïs Marrast, Stéphanie Bonilauri, Marion Lemée, Amir Beshkani, Julien Guery, Raphaël Hautefort & Éric Fouache .....	225
Conclusion Laurence Eymard.....	271

APPENDICE

Changement climatique et ressource en eau en Himalaya. Enquêtes auprès de villageois dans quatre unités géographiques du bassin de la Koshi, Népal Olivia Aubriot, Joëlle Smadja, Ornella Puschiasis, Thierry Duplan, Juliette Grimaldi, Mickaël Hugonnet & Pauline Buchheit .....	273
Rôle du climat et de l'agriculture dans l'étiologie de la maladie de Kawasaki Joseph Boyard-Micheau, Xavier Rodó, Roger Curcoll, Joan Ballester & Josep Anton Morgui.....	274
Changement climatique et occupation humaine en Arabie du Sud au cours du Quaternaire récent Anne-Marie Lézine.....	275
Reconstitution des interactions entre l'évolution climatique et l'anthropisation de la vallée d'Ambato (nord-ouest de l'Argentine) depuis 2000 ans Bernarda Marconetto.....	276
L'impact des crises hydroclimatiques passées sur la gestion de l'eau en zones urbaines : le cas de Marseille aux XVIII <sup>e</sup> et XIX <sup>e</sup> siècles Nicolas Maughan.....	277
L'observatoire lyonnais du climat : premiers retours sur une approche pluridisciplinaire d'adaptation au changement climatique Dominique Soto, Florent Renard, Emmanuel Thimonier-Rouzet, Frédéric Kuznik, Luce Ponsar, Corinne Hooge, Lionel Soulhac, Christina Aschan-Leygonie, Alain Brisson, Ph. Mary & D. Saulnier .....	278